



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 58 399 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**H 04 R 25/00**  
H 04 R 17/00  
H 04 R 3/00  
H 04 R 11/00  
G 02 C 11/06

21 Aktenzeichen: 198 58 399.0  
22 Anmeldetag: 17. 12. 1998  
43 Offenlegungstag: 6. 7. 2000

DE 198 58 399 A 1

71 Anmelder:  
IMPLEX AG Hearing Technology, 85737 Ismaning,  
DE  
74 Vertreter:  
Schwan, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 81739 München

72 Erfinder:  
Leysieffer, Hans, Dr.-Ing., 82024 Taufkirchen, DE

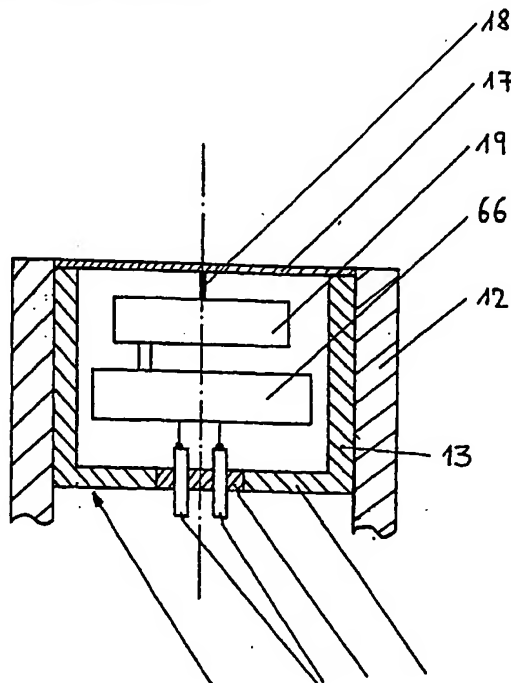
56 Entgegenhaltungen:  
DE 42 21 866 C2  
US 56 24 376  
EP 05 48 580 B1  
EP 04 99 940 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Hermetisch dichter Hörgerätewandler und Hörgeräte mit diesem Wandler

57 Die Erfindung betrifft einen elektroakustischen Wandler (15) für Hörgeräte, bei dem in einem allseitig hermetisch gasdichten Gehäuse (14), dessen eine Wandung als biegefähige Membran (17) ausgeführt ist, eine elektromechanische Wandler/Antriebseinheit (19) untergebracht ist. Die Wandler/Antriebseinheit ist mit der Gehäusemembran derart gekoppelt, daß ausgangsseitige mechanische Schwingungen der Wandler/Antriebseinheit von innen an die Gehäusemembran mechanisch direkt angekoppelt sind und dadurch die Membran zu Biegeschwingungen angeregt wird, die eine Schallabstrahlung außerhalb des Wandlergehäuses bewirken. Die Erfindung hat ferner ein Hörgerät zum Gegenstand, das als ausgangsseitigen Schallwandler einen elektroakustischen Wandler (15) der vorgenannten Art aufweist.



DE 198 58 399 A 1

## Beschreibung

Hörgeräte zur rehabilitierenden Versorgung eines Innenohrschadens nehmen den Schall mit einem Mikrofon auf und wandeln den Schall mit diesem Mikrofon in ein elektrisches Signal um. Dieses Signal wird von einer nachfolgenden elektronischen Einheit analog oder digital bearbeitet und verstärkt. Das verstärkte elektrische Signal wird grundsätzlich einem elektroakustischen Wandler zugeführt, der als Lautsprecher fungiert und auch als "Hörer" bezeichnet wird. Dieser elektroakustische Hörer strahlt das verstärkte akustische Signal in den Gehörgang des betreffenden Ohres ab. Der Gehörgang wird in vielen Fällen durch ein individuell angefertigtes Ohrpaßstück (sog. "Otoplastik") abgedichtet, um einerseits eine akustische Druckkammer anzunähern, die durch das Restvolumen bis zum Trommelfell gebildet wird, und um andererseits akustische Rückkopplungen zwischen Mikrofon und Hörer bei großen Verstärkungsgraden zu vermeiden. Grundsätzlich existieren zwei verschiedene Bauformen solcher Hörgeräte:

– "Hinter-dem-Ohr-Hörgerät" (HdO): alle wesentlichen Elemente des Hörgerätes wie Mikrofon, elektronische Einheit, Batterie und Hörer befinden sich in einem gemeinsamen Gehäuse, das hinter dem Ohr getragen wird. Das verstärkte Schallsignal wird mittels eines Schalleitungsschlauches aus dem Hörer ausgekoppelt und über die Ohrmuschel zum Ohrpaßstück geführt und durch dieses hindurch in den Gehörgang eingespeist. Das Hörgerät kann auch an einem Brillengestell montiert sein.

– "In-dem-Ohr-Gerät" (IdO): alle oben genannten Elemente des Hörgerätes befinden sich in einem gemeinsamen Gehäuse, das in der Ohrmuschel im Bereich des äußeren Gehörgangs getragen wird. Ein solches In-dem-Ohr-Gerät ist beispielsweise in das individuelle Ohrpaßstück integriert oder stellt durch eine entsprechende äußere Bauform das Ohrpaßstück selbst dar. In der In-dem-Ohr-Bauart entfällt der Schallzuleitungsschlauch, da sich die Schallaustrittsöffnung an der dem Gehörgang zugewandten Seite des Hörgerätes befindet und der Hörer das verstärkte Schallsignal somit direkt in den Gehörgang abstrahlt.

Hörgeräte beider oben genannten Bauformen weisen prinzipiell folgende Nachteile auf:

– Die Lautsprecher (Hörer) der überwiegenden Mehrheit aller Hörgeräte beruhen aus Gründen des elektrischen Wirkungsgrades und der daraus resultierenden Optimierung der Batteriebensdauer auf dem elektromagnetischen Wandlungsprinzip. Daraus folgt ein unvermeidliches Auftreten nichtlinearer Verzerrungen insbesondere bei hohen Wandlerströmen und zugehörigen Ausgangspegeln, die zu Lasten der übertragenen Klangqualität gehen.

– Weiterhin liegt die erste mechanische Resonanzfrequenz dieser Wandler meist in der Mitte des spektralen Übertragungsbereiches; daraus und aus weiteren physikalischen und konstruktionsbedingten Gründen resultiert ein nicht ebener Frequenzgang und damit eine Welligkeit des Ausgangsschalldruckpegels. Durch diese Resonanzen innerhalb des Übertragungsbereiches sind prinzipiell auch Phasendrehungen bedingt; beide Aspekte tragen zur Minderung der Übertragungsgüte bei.

– Die Wandler (Hörer) sind aufgrund des zu übertragenden akustischen Schallsignals mechanisch aus-

gangsseitig "offen", d. h., die Außenluft kann bis auf wenige Fälle von zusätzlichen Strömungssieben relativ ungehindert bis ins Innere des Wandlers eindringen. Somit ist der Wandler nahezu ungeschützt allen Witterungs- und sonstigen Umwelteinflüssen, insbesondere Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Diese Umwelteinflüsse sind zu einem hohen Prozentsatz verantwortlich für häufig auftretende deutliche Minderungen der Wandlerbetriebsparameter oder sogar das Versagen und damit Ausfallen dieses technischen Bauelementes.

– Insbesondere bei den In-dem-Ohr-Geräten führt aufgrund der örtlichen Anordnung des Hörers im äußeren oder (bei maximal miniaturisierten Geräten) inneren Gehörgang die Verschmutzung des akustischen Zugangskanals durch Ohrenschmalz, der das Produkt eines natürlichen Reinigungsprozesses des Gehörgangs ist, zu Beeinträchtigungen bzw. Ausfallen des Hörers und damit des Hörgerätes.

Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, die oben genannten Nachteile bekannter Hörgerätewandler weitgehend zu minimieren bzw. zu eliminieren.

Dies wird erfindungsgemäß gelöst durch einen elektroakustischen Wandler für Hörgeräte, der dadurch gekennzeichnet ist, daß in einem allseitig hermetisch gasdichten, vorzugsweise metallischen Gehäuse, dessen eine Wandung als biegefähige, vorzugsweise kreisförmige Membran ausgeführt ist, eine elektromechanische Wandler-Antriebseinheit untergebracht ist, und daß die Wandler-Antriebseinheit mit der Gehäusemembran derart gekoppelt ist, daß ausgangsseitige mechanische Schwingungen der Wandler-Antriebseinheit von innen an die Gehäusemembran mechanisch direkt angekoppelt sind und dadurch die Membran zu Biegeschwingungen angeregt wird, die eine Schallabstrahlung außerhalb des Wandlergehäuses bewirken. Die Gehäusemembran stellt die nach außen Schall abstrahlende "Hörermembran" dar. Dabei kann die innenseitige, elektromechanische Wandler-Antriebseinheit auf allen bekannten Wandlerprinzipien beruhen, wie insbesondere piezoelektrisch, dielektrisch, elektromagnetisch, elektrodynamisch und magnetostruktiv.

Das Wandlergehäuse ist vorzugsweise zylinderförmig, insbesondere kreiszylindrisch, gestaltet, und es weist zweckmäßig ein einseitig offenes Gehäuseende auf, dessen offene Seite von der Wandlerrmembran hermetisch gasdicht verschlossen ist.

Das Gehäuseende und/oder die Wandlerrmembran können aus einem nichtkorrosiven, rostfreien Metall, insbesondere Edelstahl, oder aus einem nichtkorrosiven, rostfreien und besonders körperverträglichen Metall, insbesondere Titan, Platin, Niob, Tantal oder deren Legierungen, gefertigt sein.

Vorzugsweise ist das Gehäuseende mit einer mindestens einpoligen, hermetisch gasdichten elektrischen Gehäusedurchführung versehen, wobei zweckmäßig das Massepotential auf dem Gehäuseende liegt. Die Gehäusedurchführung kann vorteilhaft auf gasdicht verlöteten Metall-Keramik-Verbindungen basieren und als Isolator eine Aluminium-Oxid-Keramik sowie als elektrischen Durchführungsleiter mindestens einen Platin-Iridium-Draht aufweisen.

Als elektromechanische Wandler-Antriebseinheit ist vorzugsweise eine piezoelektrische Keramikscheibe vorgesehen, die insbesondere kreisförmig ausgebildet sein kann und die auf die Innenseite der Wandlerrmembran als elektromechanisch aktives Element aufgebracht ist und zusammen mit der Wandlerrmembran ein elektromechanisch aktives Heteromorph-Verbundelement darstellt. Dabei wird wie bei einem Bimorph-Element der piezoelektrische Quereffekt genutzt, nur besteht der Partner des Verbundes hier nicht aus

einem zweiten piezoelektrisch aktiven Element, sondern aus der passiven Wandlerrmembran ähnlicher Geometrie wie das Piezoelement. Die piezoelektrische Keramikscheibe kann beidseitig mit einer sehr dünnen, als Elektrodenfläche dienenden, elektrisch leitfähigen Beschichtung versehen sein und insbesondere aus Blei-Zirkonat-Titanat bestehen. Wird ein elektrisches Feld an die piezoelektrische Keramikscheibe gelegt, verändert die Scheibe aufgrund des transversalen Piezoeffektes ihre Geometrie vorzugsweise in radialer Richtung. Da eine Ausdehnung beziehungsweise radiale Verkürzung jedoch durch den mechanisch festen Verbund mit der passiven Wandlerrmembran verhindert wird, ergibt sich eine Durchbiegung des Verbundelementes, die bei entsprechender Randlagerung der Membran in der Mitte maximal ist.

Die Dicke der Wandlerrmembran und die Dicke der piezoelektrischen Keramikscheibe sind zweckmäßig annähernd gleich groß und liegen im Bereich von 0,05 mm bis 0,15 mm. Des weiteren haben vorzugsweise die Wandlerrmembran und die piezoelektrische Keramikscheibe annähernd den gleichen E-Modul. Ein besonders einfacher und zuverlässiger Aufbau wird dabei erhalten, wenn sowohl die Wandlerrmembran als auch das Gehäuseteil elektrisch leitend sind, die piezoelektrische Keramikscheibe mit der Wandlerrmembran durch eine elektrisch leitfähige Verklebung elektrisch leitend verbunden ist, und das Gehäuseteil einen von mindestens zwei elektrischen Wandleranschlüssen bildet. Der Radius der Wandlerrmembran ist vorteilhaft um den Faktor 1,2 bis 2,0, vorzugsweise einen Faktor von etwa 1,4, größer ist als der Radius der piezoelektrischen Keramikscheibe.

Entsprechend einer abgewandelten Ausführungsform der Erfindung ist die elektromechanische Wandler-Antriebseinheit als Elektromagnetanordnung ausgebildet, die ein mit Bezug auf des Wandlergehäuse fixiertes Bauteil sowie ein schwingfähiges Bauteil aufweist, das mit der Innenseite der Wandlerrmembran gekoppelt ist. Durch Nutzung des elektromagnetischen Wandlerprinzips kann ein auch für niedrige Frequenzen des Hörbereichs besonders günstiger Frequenzgang des Wandlers erreicht werden, so daß ein adäquater Höreindruck bei ausreichendem Lautstärkepegel bereits mit geringen elektrischen Spannungen ermöglicht wird.

Das schwingfähige Bauteil der Elektromagnetanordnung ist vorzugsweise im wesentlichen im Zentrum der Wandlerrmembran befestigt. Insbesondere kann mit der Innenseite der Wandlerrmembran ein das schwingfähige Bauteil bildender Permanentmagnet verbunden sein, während eine elektromagnetische Spule in dem Wandlergehäuse fest angebracht ist, um den Permanentmagneten in Schwingungen zu versetzen. Der Permanentmagnet kann zweckmäßig als Magnetstift ausgebildet sein, und die Spule kann eine Ringspule mit einer Mittelöffnung sein, in welche der Magnetstift eintaucht. Auf diese Weise wird eine Wandleranordnung mit besonders kleiner bewegter Masse erhalten, die Änderungen des an die Magnetpule angelegten elektrischen Signals rasch und getreu folgen kann. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, die Magnetpule an der schwingfähigen Membran zu befestigen und den Magneten mit Bezug auf das Wandlergehäuse zu fixieren.

Unabhängig von dem im Einzelfall vorgesehenen Wandlerprinzip ist vorzugsweise durch Wahl der mechanischen Eigenschaften der Wandlerrmembran und der Wandler-Antriebseinheit das diese Bauteile umfassende schwingfähige System so abgestimmt, daß die erste mechanische Resonanzfrequenz des gesamten Wandlers spektral am oberen Ende des Übertragungsbereiches, und zwar vorteilhaft im Bereich von 4 bis 12 kHz, insbesondere bei etwa 10 kHz, liegt. Vorzugsweise ist die Wandler-Antriebseinheit elek-

trisch so angesteuert, daß die Auslenkung der Wandlerrmembran bis zur ersten Resonanzfrequenz frequenzunabhängig eingepreßt ist.

In dem Wandlergehäuse kann zusätzlich ein Wandlertreiber untergebracht sein.

Die Erfindung hat ferner ein Hörgerät zum Gegenstand, das als ausgangsseitigen Schallwandler einen elektroakustischen Wandler der vorstehend erläuterten Art aufweist. Ein solches Hörgerät kann insbesondere als Hinter-dem-Ohr-Gerät, In-dem-Ohr-Gerät oder Brillengerät ausgebildet sein.

Unabhängig vom Hörgerätetyp kann der elektroakustische Wandler zusammen mit einem Mikrofon, einer Stromversorgungsquelle, signalverarbeitenden und -verstärkenden Elementen sowie allen etwaigen weiteren für eine Hörgerätfunktion notwendigen Bauteilen in einem Hörgerätegehäuse untergebracht sein.

Gleichfalls unabhängig vom Hörgerätetyp kann aber auch der elektroakustische Wandler in einem separaten Gehäuse untergebracht und durch eine mindestens zweipolige elektrische Leitung mit dem eigentlichen Hörgerät verbunden sein, das in an sich üblicher Weise ein Mikrofon, eine Stromversorgungsquelle, signalverarbeitende und -verstärkende Elemente sowie alle etwaigen weiteren für eine Hörgerätfunktion notwendigen Bauteile enthält. Dabei kann vorteilhaft das den elektroakustischen Wandler enthaltende separate Gehäuse in ein Ohrpaßstück integriert sein. Das den elektroakustischen Wandler enthaltende Ohrpaßstück kann mit einem Hinterdem-Ohr-Hörgerät über ein flexibel verformbares Koppellement mechanisch verbunden sein, das eine individuelle Anpassung an die Anatomie des Außenohres gestattet und die elektrische Zuleitung zum Wandler enthält.

Bei Einbau des elektroakustischen Wandlers in ein Ohrpaßstück oder direkt in ein In-dem-Ohr-Gerät ist das Wandlergehäuse vorteilhaft so angeordnet, daß die Wandlerrmembran mindestens näherungsweise bündig mit dem Bereich des Ohrpaßstückes oder des In-dem-Ohr-Gerät-Gehäuses abschließt, der dem Gehörgang zugewandt ist.

Vorzugsweise ist das Hörgerät mit einem elektronischen Wandlertreiber ausgestattet, welcher die signalverarbeitende Elektronik des Hörgerätes an das gewählte elektromechanische Prinzip der wandlerinternen Wandler-Antriebseinheit den jeweiligen Zielsetzungen des Ausgangspegels und Frequenzbereichs entsprechend anpaßt. Der Wandlertreiber kann in der signalverarbeitenden Elektronik des Hörgerätes mitintegriert oder ein eigenes elektronisches Modul sein. Im letztgenannten Fall kann das Treibermodul in dem Hörgerätegehäuse oder dem Wandlergehäuse mituntergebracht oder zwischen dem Hörgerät und dem elektroakustischen Wandler angeordnet sein. Bei außerhalb des Hörgerätegehäuses angeordnetem Treibermodul kann zweckmäßig zur elektrischen Versorgung des Treibermoduls vom Hörgerät aus nach dem Prinzip der Phantomspeisung die elektrische Verbindung zwischen der Hörgeräteelektronik und dem Treibermodul zweipolig sein und einer signalbeinhaltenden Wechselspannung eine Gleichspannung überlagert sein, die das Treibermodul versorgt. Das Treibermodul kann über lösbare mechanische bzw. elektrische Steckverbindungen mit dem Hörgerät beziehungsweise dem elektroakustischen Wandler verbunden sein.

Das Hörgerät kann volldigital ausgelegt sein und eine pulsweitenmodulierte Ausgangsstufe aufweisen, wobei der Wandlertreiber für den Anschluß der pulsweitenmodulierten Ausgangsstufe eine integrierende Funktion hat.

Nachfolgend sind vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt, der den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Hörgerätewand-

lers erkennen läßt;

Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt eines Hörgeräte-wandlers mit piezoelektrischer Antriebseinheit;

Fig. 3 einen schematischen Längsschnitt eines Hörgeräte-wandlers mit elektromagnetischer Antriebseinheit;

Fig. 4 ein Beispiel für die Mittelpunktauslenkung der Wandlerrmembran eines erfindungsgemäßen Hörgeräte-wandlers über der Frequenz;

Fig. 5 schematisch ein mit einem erfindungsgemäßen Hörgeräte-wandler ausgestattetes In-dem-Ohr-Hörgerät;

Fig. 6 und 7 schematisch ein mit einem erfindungsgemäßen Hörgeräte-wandler ausgestattetes Hinter-dem-Ohr-Hör-gerät;

Fig. 8 schematisch eine abgewandelte Ausführungsform eines mit einem erfindungsgemäßen Hörgeräte-wandler aus-gestatteten Hinter-dem-Ohr-Hörgerätes; sowie

Fig. 9 bis 11 drei Ausführungsbeispiele für die elektroni-sche Signalaufbereitung von erfindungsgemäßen Hörgerä-ten.

In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau des insgesamt mit 15 bezeichneten elektroakustischen Hörgeräte-wandlers sche-matisch dargestellt. Hierbei ist das Gehäuse oder das Ohr-paßstück eines In-dem-Ohr- bzw. Hinter-dem-Ohr-Gerätes durch eine Wandung 12 dargestellt, in die der Hörgeräte-wandler 15 so eingebracht ist, daß seine schallabstrahlende Membran 17 mindestens näherungsweise möglichst bündig mit dem Gehäuse- bzw. Ohrpaßstückbereich abschließt, der dem Gehörgang zugewandt ist. Der Hörgeräte-wandler 15 weist ein allseitig geschlossenes, vorzugsweise kreiszylin-drisches Wandlergehäuse 14 auf, dessen in der Zeichnung oben liegende Seite von der Wandlerrmembran 17 gebildet wird. Die vorzugsweise aus nicht korrodierenden Metallen (z. B. Edelstahl, Titan, Platin, Niob, Tantal oder deren Le-gierungen) hergestellte Membran 17 verschließt hermetisch gasdicht die offene Seite eines einseitig offenen Gehäuse-teils 13. Bis auf die Membran 17 sind alle Wandungen des Wandlergehäuses 14 mechanisch steif gestaltet.

Die Membran 17 ist im Bereich des Membranmittelpunk-tes durch ein mechanisch steifes Verbindungselement 18 mit einer Wandler-Antriebseinheit 19 verbunden. Diese Wan-der-Antriebseinheit 19 stellt den eigentlichen elektrome-chanischen Wandler dar, der über das Verbindungselement 18 die Membran 17 zu dynamischen Biegeschwingungen an-regt, die zu einer Schallabstrahlung auf der Außenseite des Wandlergehäuses 14 führen. Die Auslegung der mechani-schen Parameter, insbesondere der dynamischen Massen-an-teile und der Steifigkeiten der Membran 17, des Verbin-dungselementes 18 und der Wandler-Antriebseinheit 19 er-folgt zweckmäßigerweise so, daß die erste mechanische Re-sonanzfrequenz spektral am oberen Ende des gewünschten Übertragungsbereiches liegt (Hochabstimmung des Wan-derers 15). Bei entsprechender elektronischer Ansteuerung (Spannungs- oder Stromeinprägung je nach Wandlerprinzip der Wandler-Antriebseinheit 19) ist so die Auslenkung der Membran 17 unterhalb der ersten Resonanzfrequenz fre-quenzunabhängig.

Die Zuführung des elektrischen Signals für die Wandler-Antriebseinheit 19 erfolgt über eine in das Wandlergehäuse 14 eingebrachte, hermetisch gasdichte elektrische Durch-führung 16 mit elektrischen Wandleranschlüssen 16a, die in Fig. 1 beispielhaft zweipolig dargestellt sind. Die elektri-schen Wandleranschlüsse 16a können direkt zu der Wan-der-Antriebseinheit 19 führen oder, wie in Fig. 1 dargestellt, zu einem der Wandler-Antriebseinheit 19 vorgeschalteten elektrischen bzw. elektronischen Wandlertreiber 66, der bei-spielhaft in Fig. 1 in dem Wandlergehäuse 14 mit unterge-bracht ist. Der Wandlertreiber 66 bereitet je nach elektro-mechanischem Wandlungsprinzip der Einheit 19 und den Para-

metern des ansteuernden elektrischen Signals an den An-schlüssen 16a dieses elektrische Ansteuerungssignal auf. Der Wandlertreiber 66 dient generell als Anpassungskom-ponente zwischen einer elektronischen Einheit 65 des nach-stehend näher erläuterten Hörgerätes 10 oder 11 (Fig. 5, 6, 7 und 8) und dem Wandler 15. Diese elektronische Anpas-sungskomponente ermöglicht vorteilhaft die Verwendung vorhandener elektronischer Schaltungen bestehender Hör-geräte, so daß eine völlige Neuentwicklung dieser Schaltun-gen vermieden werden kann. Der Wandlertreiber 66 kann je nach verwendetem Wandlungsprinzip der Wandler-An-triebseinheit 19 Bauelemente enthalten, die weiter verstär-kenden Charakter haben, den Versorgungsspannungsbereich über entsprechende DC/DC-Wandler heraufsetzen, eine elektrische Impedanzanpassung vornehmen und derglei-chen. Die Versorgung des Treibers 66 mit elektrischer Be-triebsenergie erfolgt vorteilhaft über das Prinzip der elektri-schen Phantomspeisung, wobei der signalführenden Leitung ein Gleichspannungsanteil überlagert wird. Somit ist nur eine zweipolige Verbindung zwischen der elektronischen Einheit 65 des Hörgerätes und dem Wandlerelement 15 not-wendig. Grundsätzlich kann der Treiber 66 auch weggelas-sen werden, und die entsprechenden elektronischen Anpas-sungen können im Hörgerät selbst vorgenommen werden, so daß insbesondere für eine In-dem-Ohr-Applikation gemäß Fig. 1 der Volumenbedarf des Wandlers 15 minimiert wer-den kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform des Wandlers 15 ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Das vorteilhafterweise im Querschnitt kreisförmige und metallische Gehäuseteil 13 ist einseitig durch die ebenfalls metallische Wandlerrmembran 17, zum Beispiel durch eine Schweißverbindung, herme-tisch gasdicht verschlossen. Auf der Innenseite der Mem-bran 17 sitzt eine dünne, piezokeramische Scheibe, die mit der Membran 17 mittels einer elektrisch leitfähigen Klebe-verbindung in mechanisch fester Verbindung steht. Diese Piezoscheibe stellt das elektromechanische Wandlerelement und damit die Wandler/Antriebseinheit 19 dar. Das Verbin-dungselement 18 aus Fig. 1 ist in diesem Fall die flächige Klebeverbindung zwischen Piezoscheibe und Membran. Über die elektrische, hermetisch dicht eingebrachte Signal-durchführung 16 wird die Piezoscheibe einerseits auf der in-nenliegenden Elektrodenoberfläche kontaktiert (dargestellt durch einen schematischen Drahtanschluß 16c). Anderer-seits erfolgt eine Kontaktierung der Piezoscheibe an der au-ßenliegenden Elektrodenoberfläche über das metallische Wandlergehäuse 14, da dieses über die leitfähige Verkle-bung mit der außenliegenden Elektrodenoberfläche der Pie-zoscheibe elektrisch verbunden ist. Die elektrische Verbin-dung einer der beiden Anschlüsse 16a mit dem metallischen Gehäuse 14 erfolgt durch ein leitfähiges Kontaktierungse-lement 16b.

Wird an die Anschlüsse 16a ein elektrisches Wechselsi-gnal gelegt, erfolgt aufgrund des transversalen piezoelektri-schen Effektes eine rotationssymmetrische dynamische Ver-biegung der Membran 17 senkrecht zur Membranebene, die zu der beschriebenen Schallabstrahlung durch die Membran 17 führt. In der Ausführungsdarstellung gemäß Fig. 2 ist beispielhaft keine Wandlertreiberschaltung 66 wie in Fig. 1 enthalten, um zu verdeutlichen, welch geringe Bauhöhe des gesamten Wandlers 15 durch das piezoelektrische Antriebs-element realisierbar ist. Diese Wandlerausführungsform ei-gnet sich daher konstruktiv insbesondere für die nachstehend erläuterten Einbauvarianten in ein Hörgerät entsprechend Fig. 5 und Fig. 8.

In Fig. 3 ist eine weitere geeignete Ausführungsform des Hörgeräte-wandlers 15 dargestellt, bei welcher die elektro-mechanische Wandler-Antriebseinheit 19 auf dem elektro-

magnetischen Prinzip beruht. Der Wandler 15 weist wiederum ein Wandlergehäuse 14 mit einem vorzugsweise zylindrischen und mechanisch steifen Gehäuseteil 13 auf, an dessen einer Stirnseite die vorzugsweise kreisförmige, biegbare Membran 17 hermetisch dicht aufgebracht ist. Mit der Wandlarmembran 17 ist innenseitig und mittig ein stabförmiger Permanentmagnet 21 mechanisch fest verbunden, der mit geringem Luftspalt in eine zentrische Mittelöffnung 22a einer elektromagnetischen Ringspule 22 ragt und der zusammen mit der Spule 22 die Wandler-Antriebseinheit 19 bildet. Die Spule 22 (in Fig. 3 als Luftspule dargestellt) ist mit dem Wandlergehäuse 14 mechanisch fest verbunden und an die Pole 16a der hermetisch dichten Durchführung 16 elektrisch angeschlossen.

Bei Anlegen einer Wechselspannung an die Spule 22 erfährt der Magnet 21 eine dynamische Auslenkung senkrecht zur Membranebene und versetzt die Membran 17 somit zu mechanischen Biegeschwingungen um die Ruhelage. Dies führt wiederum zu der gewünschten Schallabstrahlung nach außen.

Auch im Falle dieser Wandlerausführungsform ist kein elektronischer Wandlertreiber (entsprechend dem Treiber 66 in Fig. 1) innerhalb des Gehäuses 14 dargestellt. Es versteht sich aber, daß ein solcher Treiber bei entsprechender geometrischer Auslegung in den Hörerätewandler 15 integrierbar ist. Weiterhin kann die magnetische Feldführung und damit der Wirkungsgrad des Wandlers durch Verwendung entsprechender Bauelemente innerhalb des Wandlergehäuses 14 aus geeigneten ferromagnetischen Materialien entsprechend der Geometrieauslegung optimiert sein. Eine solche Wandlerauslegung kann bei geeigneter Auslegung der Spulenparameter den Vorteil haben, daß eine vorhandene elektronische Höreräteschaltung einschließlich der den Wandler treibenden Ausgangsstufe unmittelbar anschließbar ist (z. B. bei Class-D-Endstufen, die die integrierende Funktion elektromagnetischer Wandler benötigen).

In Fig. 4 ist schematisch der anzustrebende Verlauf der Mittelpunktsauslenkung  $x_m$  der Wandlarmembran 17 über der Frequenz  $f$  unabhängig vom gewählten Realisierungsprinzip der wandlerinternen Wandler-Antriebseinheit 19 für den Fall dargestellt, daß die Übertragungsbandbreite bis mindestens 10 kHz reichen sollte. Man erkennt, daß die erste mechanische Resonanzfrequenz 23 bei ca. 10 kHz liegt, also am oberen Ende des in diesem Beispiel angestrebten Bereiches. Damit liegen die höheren Resonanzen 24 (Moden) ebenfalls außerhalb des Übertragungsbereiches. Durch diese sogenannte Hochabstimmung ergibt sich auch ein weitgehend frequenzunabhängiger Verlauf des abgestrahlten Schalldrucks im Gehörgang, vorausgesetzt, daß das nachstehend beschriebene Ohrpaßstück den äußeren Gehörgang akustisch ausreichend abdichtet. Durch das Fehlen höherer Moden im Übertragungsbereich bleibt auch der Phasengang bis zur ersten Resonanzfrequenz 23 eben; das heißt, es treten keine Phasendrehungen auf, was zur unverfälschten Wiedergabe des verstärkten Audiosignals und damit zur Gesamtübertragungsgüte des Hörerätes ebenfalls wesentlich beiträgt.

Der Wandler 15 ist vorzugsweise in einem Gehäuse 12 des Hörerätes so angeordnet, daß er sich an dem dem Gehörgang zugewendeten Gehäusebereich befindet. In Fig. 5 sind beispielhaft der Einbau und die Anwendung des beschriebenen Wandlers in einem insgesamt mit 11 bezeichneten In-dem-Ohr-Hörgerät schematisch dargestellt. Das mit dem Hörerätegehäuse 12 versehene In-dem-Ohr-Hörgerät 11 sitzt in bekannter Weise im Ohrmuschelbereich der Concha des Außenohres 5. Schall tritt über eine Schalleintrittsöffnung 55 in das Hörgerät 11 ein und wird mittels eines Mikrofons 60 in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dieses

Signal wird in einer elektronischen Einheit 65 bearbeitet und verstärkt. Das Hörgerät 11 wird von einer Batterie 70 mit elektrischer Betriebsenergie versorgt. Das bearbeitete und verstärkte Signal wird dem Wandler 15 zugeführt, der mit seiner Wandlarmembran 17 unmittelbar in dem dem Gehörgang 30 zugewendeten Ende des Gehäuses 12 des In-dem-Ohr-Hörgerätes 11 angeordnet ist. Das von der Wandlarmembran 17 erzeugte, verstärkte Schallsignal wird direkt in den Gehörgang 30 abgestrahlt. Es versetzt das Trommelfell 35 in Schwingungen, die zu einem Höreindruck führen. Sitzt das Hörgerät 11 akustisch möglichst dicht in dem Gehörgang 30, wird das vom Wandler 15 abgestrahlte Schallsignal in eine angenäherte akustische Druckkammer eingespeist, die durch das Restvolumen des Gehörgangs und das Trommelfell gebildet wird. Ist wie oben beschrieben die Auslenkung der Wandlarmembran 17 bis an das spektral obere Ende des akustischen Übertragungsbereiches frequenzunabhängig, ist auch der im Gehörgang 30 erzeugte Schalldruckpegel frequenzunabhängig und wie gefordert mit geringer Welligkeit eben.

Nachdem die Wandlarmembran 17, wie in Fig. 1 dargestellt, das Hörerätegehäuse 12 des Hörgerätes 11 dicht abschließt und der Wandler 15 selbst durch die Wandlarmembran 17 hermetisch gasdicht verschlossen ist, kann kein Schmutz oder Ohrenschmalz aus dem Gehörgang 30 in das Hörgerät 11 oder den Wandler 15 dringen. Gegen Luftfeuchtigkeit ist der Wandler 15 aufgrund der hermetisch gasdichten Ausführungsform grundsätzlich geschützt. Darüberhinaus kann die Wandlarmembran 17 durch Abwischen selbst mit feuchten Medien leicht gereinigt werden.

In den Fig. 6 und 7 ist der mögliche Einbau des Wandlers 15 in ein Hinter-dem-Ohr-Hörgerät (HdO) 10 schematisch dargestellt. Die prinzipiell notwendigen Komponenten 55, 60, 65 und 70 entsprechen denen des Ausführungsbeispiels nach Fig. 5. Die Wandlarmembran 17 des Wandlers 15, der wiederum am Ende des Hörerätegehäuses 12 angeordnet ist, strahlt in diesem Fall das akustische Signal in einen offenen Kanal eines Tragehakens 20. An diesen Tragehaken 20 ist ein Schalleitungsschlauch 50 mechanisch angeschlossen, der das verstärkte Schallsignal zum Gehörgang führt. Dies ist in Fig. 6 schematisch dargestellt. Der Schalleitungsschlauch 50 mündet in ein meist individuell geformtes Ohrpaßstück 25 (Otoplastik), das möglichst akustisch dicht in der Eintrittsöffnung des Gehörgangs sitzt. Durch eine Bohrung in der Otoplastik 25 wird das Schallsignal dem dahinterliegenden Gehörgang und dem Trommelfell zugeführt.

In Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform eines Hinter-dem-Ohr-Hörgerätes 10 unter Verwendung des vorliegenden Wandlertyps schematisch dargestellt. Der Wandler 15 selbst ist in dem Ohrpaßstück 25 untergebracht, das in seiner Ausgestaltung den bekannten Otoplastiken eines Hinter-dem-Ohr-Hörgerätes oder der Gehäuseform eines In-dem-Ohr-Gerätes entspricht und den individuellen anatomischen Gegebenheiten des Außenohres 5 angepasst ist. Der Wandler 15 ist so in dem Ohrpaßstück 25 eingebracht, daß die schallabstrahlende Wandlarmembran 17 wieder an dem äußeren Ende des Paßstückes 25 liegt, die dem Gehörgang 30 und damit dem Trommelfell 35 zugewandt ist. Zwischen dem eigentlichen Höreräte-Gehäuse 12, das hinter der Ohrmuschel 5 getragen wird und das ein Mikrofon, eine entsprechende elektronische Einheit und eine Batterie enthält, und dem Wandler 15 besteht eine rein elektrische Verbindung, die in Fig. 8 als elektrische Wandlerzuleitung 40 dargestellt ist. Vorteilhaft wird die Leitung 40 in einem mechanischen Zuleitungsstück 45 geführt, das zweckmäßig aus Kunststoff hergestellt und geometrisch dauerhaft verformbar ist, um eine individuelle Anpassung an die Außenohranatomie zu ermöglichen.

Eine weitere praxisnahe, vorteilhafte Ausführung dieser Zuleitungsart kann darin bestehen, daß das Zuleitungsstück 45 nicht mit dem Hörgerät 10 und/oder dem Wandler 15 mechanisch und elektrisch fest verbunden ist, sondern lösbare Steckverbindungen 46 aufweist. Bei einem möglicherweise notwendigen Austauschfall können dann auf einfache Weise nur der Wandler 15, oder der Wandler 15 und das Ohrpaßstück 25, oder nur das Zuleitungsstück 45 oder alle Komponenten ersetzt werden. Die lösbaren Steckverbindungen 46 können in besonders vorteilhafter Weise in der an sich aus EP-A-0 811 397 bekannten Weise aufgebaut sein.

Die anhand der Fig. 8 beschriebene Ausführungsform hat gegenüber der in Fig. 6 und 7 dargestellten Form den Vorteil, daß der Wandler 15 das aufbereitete Schallsignal wie bei der In-dem-Ohr-Variante aus Fig. 5 unmittelbar in den Gehörgang 30 abstrahlt und somit die bekannten akustischen Mängel eines Zuleitungsschlauches 50 (siehe Fig. 6) vermieden werden. Dennoch bleibt der Vorteil einer Hinter-dem-Ohr-Bauform mit größerem Volumen für die elektronische Signalbearbeitungseinheit 65 und die entsprechende Batterie 70 erhalten.

In den Fig. 9 bis 11 sind Beispiele für mögliche Realisierungsvarianten der elektronischen Signalaufbereitung eines Hörgerätes unter Verwendung des beschriebenen Wandlers 15 dargestellt. Grundsätzlich gehören zu dem Hörgerät das Mikrofon 60, die elektronische Einheit 65, die das Mikrofonsignal bearbeitet und verstärkt, die Batterie 70 zur energetischen Versorgung des gesamten Hörgerätes, eine externe, drahtlose oder drahtgebundene Einheit 67, mit der systemzugehörige und patientenindividuelle (Anpaß-)Parameter in dem Hörgerät analog oder digital verändert und langfristig stabil eingespeichert werden können, sowie der beschriebene Hörgerätewandler 15. Unterschiedlich ist bei den Fig. 9, 10 und 11 die Anordnung des elektronischen Wandlertreibers 66. Wie beschrieben ist diese Einheit 66 als anpassende elektronische Schnittstelle zwischen der eigentlichen Hörgeräteelektronik 65 und der elektromechanischen Wandler-Antriebseinheit 19 in dem Wandler 15 vorgesehen.

In Fig. 9 ist der Wandlertreiber 66 als Bestandteil der signalverarbeitenden Elektronik 65 des Hörgerätes dargestellt. Er ist beispielsweise in einer elektronischen Schaltung auf Chip-Ebene mitintegriert.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 10 befindet sich die Treibereinheit 66 weder innerhalb der signalbearbeitenden Elektronik 65 des Hörgerätes noch im Wandler 15, sondern sie ist zwischen diese beiden Einheiten geschaltet. Diese Realisierungsvariante kann bedeuten, daß die Treiberelektronik 66 als eigener Chip realisiert und integriert wird und zusammen mit der signalbearbeitenden Hörgeräteelektronik 65 entsprechend der jeweils angewendeten mikroelektronischen Aufbautechnik innerhalb des Hörgerätes untergebracht wird. Eine andere Realisierungsvariante gemäß Fig. 10 kann darin bestehen, daß die Wandlertreiberschaltung 66 außerhalb des Hinter-dem-Ohr- oder des In-dem-Ohr-Hörgerätes 10 bzw. 11 und des Wandlers 15 positioniert wird und aus Servicegründen mit den beiden Modulen Hörgerät und Wandler über geeignete mechanische/elektrische Stecker verbunden ist. Diese Variante kommt beispielsweise für die Hörgeräteanordnung entsprechend Fig. 8 in Betracht.

In Fig. 11 ist die Realisierung des Wandlertreibers 66 innerhalb des Gehäuses 14 des Wandlers 15 dargestellt. Dies entspricht der schematischen Darstellung des prinzipiellen Wandleraufbaus gemäß Fig. 1.

Grundsätzlich enthält der elektronische Wandlertreiber 66 alle notwendigen elektronischen und mechanischen Bauelemente, die erforderlich sind, um der aktuellen Anwendung in einem Hinter-dem-Ohr- oder In-dem-Ohr-Hörgerät entsprechenden Anforderung je nach gewähltem elektrome-

nischem Antriebsprinzip des Wandlers 15 Genüge zu leisten. Dies können weitere Audioverstärker sein, DC/DC-Wandler aller möglichen elektronischen Realisierungen (unter anderem an sich bekannte Switched-Capacitor-Wandler, induktorbasierte Schaltregler usw.), Impedanzwandler, pegelbegrenzende Elemente und weitere Bauteile, die zum Beispiel der elektromagnetischen Verträglichkeit dienen. Insbesondere kann in der Treibereinheit 66 ein integrierendes Bauelement enthalten sein, um beispielsweise einen piezoelektrischen Wandler 15 gemäß Fig. 2 an die digitale, pulsweitenmodulierte Signalverarbeitungsausgangsstufe ohne D/A-Wandler eines volldigital arbeitenden Hörgerätes anschließen zu können.

#### Bezugszeichenliste

- 5 Außenohr
- 10 Hinter-dem-Ohr-Hörgerät
- 11 In-dem-Ohr-Hörgerät
- 12 Hörgerätegehäuse
- 13 Gehäuseteil
- 14 Wandlergehäuse
- 15 Wandler
- 16 Elektrische Durchführung
- 16a Elektrische Wandleranschlüsse
- 16b Kontaktierungselement
- 16c Drahtanschluß
- 17 Wandlerventil
- 18 Verbindungselement
- 19 Antriebseinheit
- 20 Tragehaken
- 21 Permanentmagnet
- 22 Ringspule
- 22a Mittelloffnung
- 23 Erste Resonanzfrequenz
- 24 Höhere Resonanzen (Moden)
- 25 Ohrpaßstück (Otoplastik)
- 30 Gehörgang
- 35 Trommelfell
- 40 Elektrische Zuleitung
- 45 Zuleitungsstück
- 46 Mech./elektr. Schnittstelle
- 50 Schalleitungsschlauch
- 55 Schalleintrittsöffnung
- 60 Mikrofon
- 65 Elektronische Einheit
- 66 Wandlertreiber
- 67 Programmierereinheit
- 70 Batterie

#### Patentansprüche

1. Elektroakustischer Wandler für Hörgeräte, dadurch gekennzeichnet, daß in einem allseitig hermetisch gasdichten Gehäuse (14), dessen eine Wandung als biegefähige Membran (17) ausgeführt ist, eine elektromechanische Wandler-Antriebseinheit (19) untergebracht ist, und daß die Wandler-Antriebseinheit mit der Gehäusemembran derart gekoppelt ist, daß ausgangsseitige mechanische Schwingungen der Wandler-Antriebseinheit von innen an die Gehäusemembran mechanisch direkt angekoppelt sind und dadurch die Membran zu Biegeschwingungen angeregt wird, die eine Schallabstrahlung außerhalb des Wandlergehäuses bewirken.
2. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in dem Wandlergehäuse (14) untergebrachte elektromechanische Wandler-Antriebseinheit (19) auf



dem elektromagnetischen, elektrodynamischen, dielektrischen, piezoelektrischen oder magnetostriktiven Wandlerprinzip basiert.

3. Wandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Wandlergehäuse (14) zylinderförmig, insbesondere kreiszylindrisch, gestaltet ist.

4. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die schallabstrahlende Wandlerrmembran (17) kreisförmig ausgebildet ist.

5. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Wandlergehäuse (14) ein einseitig offenes Gehäuseteil (13) aufweist, dessen offene Seite von der Wandlerrmembran (17) hermetisch gasdicht verschlossen ist.

6. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuseteil (13) metallisch ausgeführt ist.

7. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerrmembran (17) metallisch ausgeführt ist.

8. Wandler nach Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuseteil (13) und/oder die Wandlerrmembran (17) aus einem nichtkorrosiven, rostfreien Metall, insbesondere Edelstahl, gefertigt sind.

9. Wandler nach Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuseteil (13) und/oder die Wandlerrmembran (17) aus einem nichtkorrosiven, rostfreien und besonders körpertverträglichen Metall, insbesondere Titan, Platin, Niob, Tantal oder deren Legierungen, gefertigt sind.

10. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuseteil (13) mit einer hermetisch gasdichten elektrischen Gehäusedurchführung (16) versehen ist.

11. Wandler nach Ansprüchen 6 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäusedurchführung (16) mindestens einpolig ist und das Massepotential auf dem Gehäuseteil (13) liegt.

12. Wandler nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäusedurchführung (16) auf gasdicht verlöteten Metall-Keramik-Verbindungen basiert.

13. Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäusedurchführung (16) als Isolator eine Aluminium-Oxid-Keramik und als elektrischen Durchführungsleiter mindestens einen Platin-Iridium-Draht aufweist.

14. Wandler nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß als elektromechanische Wandler-Antriebseinheit (19) eine vorzugsweise kreisförmig ausgebildete piezoelektrische Keramikscheibe vorgesehen ist, die auf die Innenseite der Wandlerrmembran (17) als elektromechanisch aktives Element aufgebracht ist und zusammen mit der Wandlerrmembran ein elektromechanisch aktives Heteromorph-Verbundelement darstellt.

15. Wandler nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrische Keramikscheibe (19) aus Blei-Zirkonat-Titanat besteht.

16. Wandler nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Wandlerrmembran (17) und die Dicke der piezoelektrischen Keramikscheibe (19) annähernd gleich groß sind und im Bereich von 0,025 mm bis 0,15 mm liegen.

17. Wandler nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandlerrmembran (17)

und die piezoelektrische Keramikscheibe (19) annähernd den gleichen E-Modul haben.

18. Wandler nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Wandlerrmembran (17) als auch das Gehäuseteil (13) elektrisch leitend sind, daß die piezoelektrische Keramikscheibe (19) mit der Wandlerrmembran durch eine elektrisch leitfähige Verklebung elektrisch leitend verbunden ist, und daß das Gehäuseteil einen von mindestens zwei elektrischen Wandleranschlüssen (16a) bildet.

19. Wandler nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius der Wandlerrmembran (17) um den Faktor 1, 2 bis 2,0, vorzugsweise einen Faktor von etwa 1, 4, größer ist als der Radius der piezoelektrischen Keramikscheibe (19).

20. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromechanische Wandler-Antriebseinheit (19) als Elektromagnetanordnung (21, 22) ausgebildet ist, die ein mit Bezug auf des Wandlergehäuse (14) fixiertes Bauteil (22) sowie ein schwingfähiges Bauteil (21) aufweist, das mit der Innenseite der Wandlerrmembran (17) gekoppelt ist.

21. Wandler nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das schwingfähige Bauteil (21) im wesentlichen im Zentrum der Wandlerrmembran (17) befestigt ist.

22. Wandler nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Innenseite der Wandlerrmembran (17) ein das schwingfähige Bauteil bildender Permanentmagnet (21) verbunden ist, und daß eine elektromagnetische Spule (22) in dem Wandlergehäuse (14) fest angebracht ist, um den Permanentmagneten in Schwingungen zu versetzen.

23. Wandler nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (21) als Magnetstift ausgebildet ist und die Spule (22) eine Ringspule mit einer Mittelöffnung (22a) ist, in welche der Magnetstift eintaucht.

24. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß durch Wahl der mechanischen Eigenschaften der Wandlerrmembran (17) und der Wandler-Antriebseinheit (19) das diese Bauteile umfassende schwingfähige System so abgestimmt ist, daß die erste mechanische Resonanzfrequenz des gesamten Wandlers (15) spektral am oberen Ende des Übertragungsbereiches liegt.

25. Wandler nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die erste mechanische Resonanzfrequenz des gesamten Wandlers (15) im Bereich von 4 bis 12 kHz, insbesondere bei etwa 10 kHz, liegt.

26. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Wandlergehäuse (14) zusätzlich ein Wandlerstreiber (66) untergebracht ist.

27. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandler-Antriebseinheit (19) elektrisch so angesteuert ist, daß die Auslenkung der Wandlerrmembran (17) bis zur ersten Resonanzfrequenz frequenzunabhängig eingepreßt ist.

28. Hörgerät, das als ausgangsseitigen Schallwandler einen elektroakustischen Wandler (15) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

29. Hörgerät nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß es als Hinter-dem-Ohr-Gerät (10), In-dem-Ohr-Gerät (11) oder Brillengerät ausgebildet ist.

30. Hörgerät nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß unabhängig vom Hörgerätetyp der elektroakustische Wandler (15) zusammen mit einem

Mikrofon (60), einer Stromversorgungsquelle (70), signalverarbeitenden und -verstärkenden Elementen (65, 66) sowie allen etwaigen weiteren für eine Hörgerätfunktion notwendigen Bauteilen in einem Hörgerätegehäuse (12) untergebracht ist.

31. Hörgerät nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß unabhängig vom Hörgerätetyp der elektroakustische Wandler (15) in einem separaten Gehäuse untergebracht und durch eine mindestens zweipolige elektrische Leitung (40) mit dem Hörgerät (10, 11) verbunden ist, das ein Mikrofon (60), eine Stromversorgungsquelle (70), signalverarbeitende und -verstärkende Elemente (65, 66) sowie alle etwaigen weiteren für eine Hörgerätefunktion notwendigen Bauteile enthält.

32. Hörgerät nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß das separate Gehäuse, das den elektroakustischen Wandler (15) enthält, in ein Ohrpaßstück (25) integriert ist.

33. Hörgerät nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß das den elektroakustischen Wandler (15) enthaltende Ohrpaßstück (25) mit einem Hinterdem-Ohr-Hörgerät (10) über ein flexibel verformbares Koppel-element (45) mechanisch verbunden ist, das eine individuelle Anpassung an die Anatomie des Außenohres gestattet und die elektrische Zuleitung (40) zum Wandler enthält.

34. Hörgerät nach einem der Ansprüche 28 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einbau des elektroakustischen Wandlers (15) in ein Ohrpaßstück (25) oder direkt in ein In-dem-Ohr-Gerät (11) das Wandlergehäuse (14) so angeordnet ist, daß die Wandlarmembran (17) mindestens näherungsweise bündig mit dem Bereich des Ohrpaßstückes oder des In-dem-Ohr-Gerät-Gehäuses abschließt, der dem Gehörgang zugewandt ist.

35. Hörgerät nach einem der Ansprüche 28 bis 33, gekennzeichnet durch einen elektronischen Wandler-treiber (66), welcher die signalverarbeitende Elektronik des Hörgerätes (10, 11) an das gewählte elektromechanische Prinzip der wandlerinternen Wandler-Antriebs-einheit (19) den jeweiligen Zielsetzungen des Ausgangspegels und Frequenzbereiches entsprechend anpaßt.

36. Hörgerät nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß das Hörgerät (10, 11) volldigital ausgelegt ist und eine pulswidenmodulierte Ausgangsstufe aufweist, und daß der Wandlertreiber (66) für den Anschluß der pulswidenmodulierten Ausgangsstufe eine integrierende Funktion hat.

37. Hörgerät nach Anspruch 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandlertreiber (66) in der signalverarbeitenden Elektronik (65) des Hörgerätes (10, 11) mitintegriert ist.

38. Hörgerät nach Anspruch 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandlertreiber (66) ein eigenes elektronisches Modul ist.

39. Hörgerät nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibermodul (66) mit in dem Hörgerätegehäuse (12) untergebracht ist.

40. Hörgerät nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibermodul (66) zwischen dem Hörgerät und dem elektroakustischen Wandler (15) angeordnet ist.

41. Hörgerät nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibermodul (66) in dem Wandlergehäuse (14) untergebracht ist.

42. Hörgerät nach Anspruch 40 oder 41, dadurch gekennzeichnet, daß zur elektrischen Versorgung des

Treibermoduls (66) vom Hörgerät (10, 11) aus nach dem Prinzip der Phantomspeisung die elektrische Verbindung zwischen der Hörgeräteelektronik (65) und dem Treibermodul zweipolig ist und einer signalbeinhaltenden Wechsellspannung eine Gleichspannung überlagert ist, die das Treibermodul versorgt.

43. Hörgerät nach einem der Ansprüche 40 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibermodul (66) über lösbare mechanische bzw. elektrische Steckverbindungen mit dem Hörgerät (10, 11) bzw. dem elektroakustischen Wandler (15) verbunden ist.

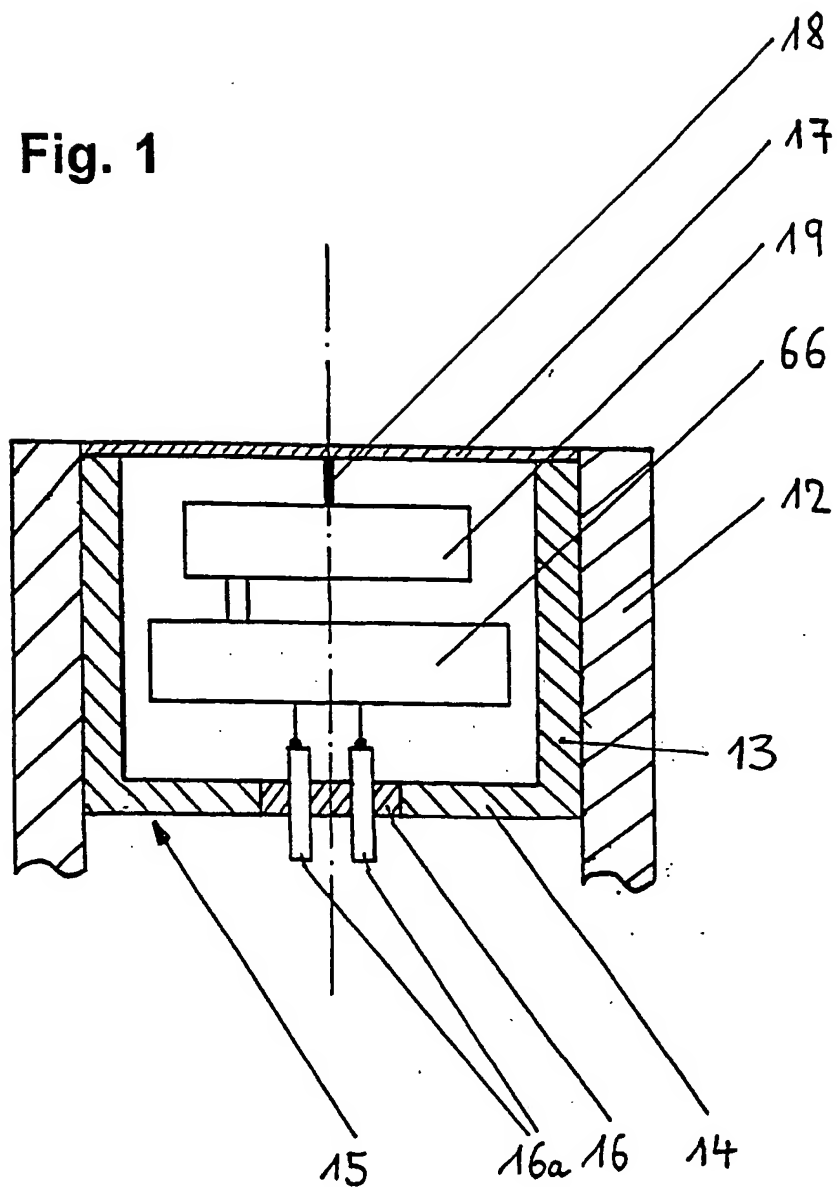
---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

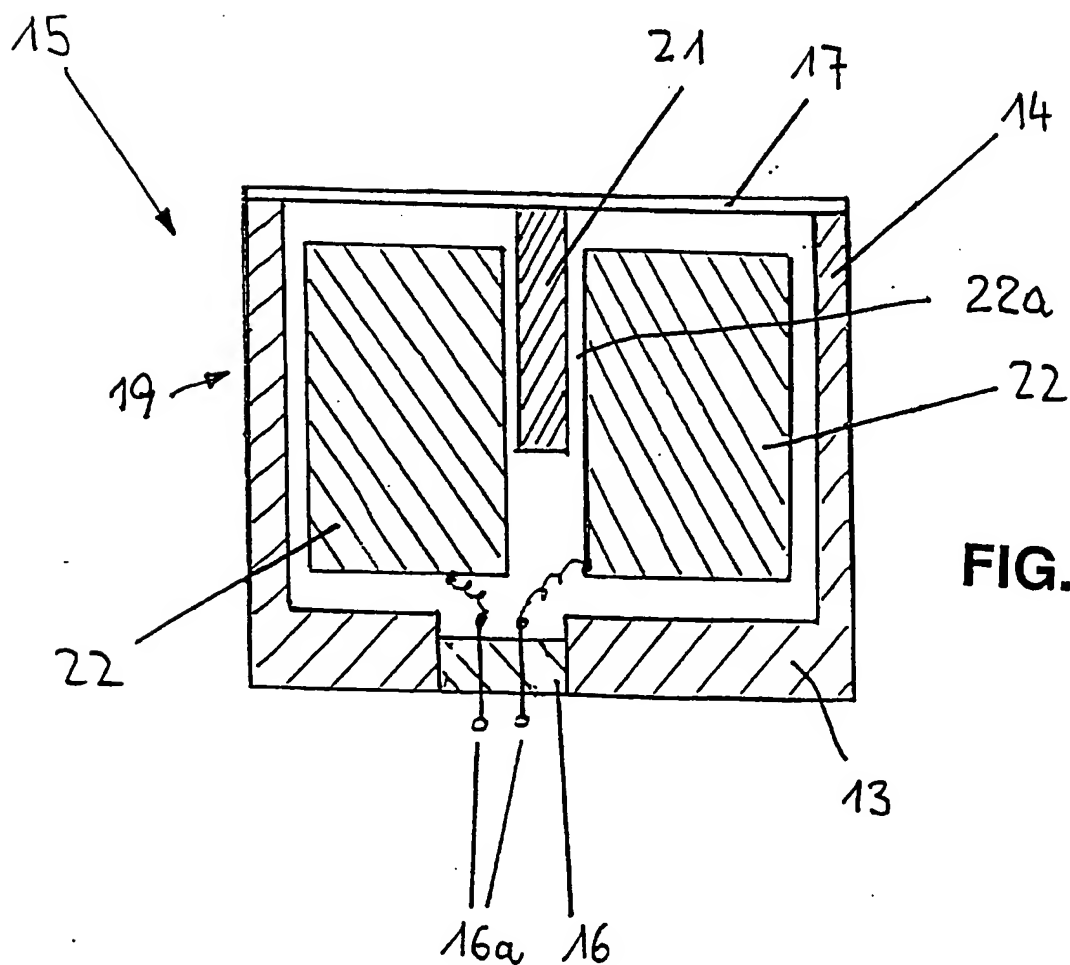
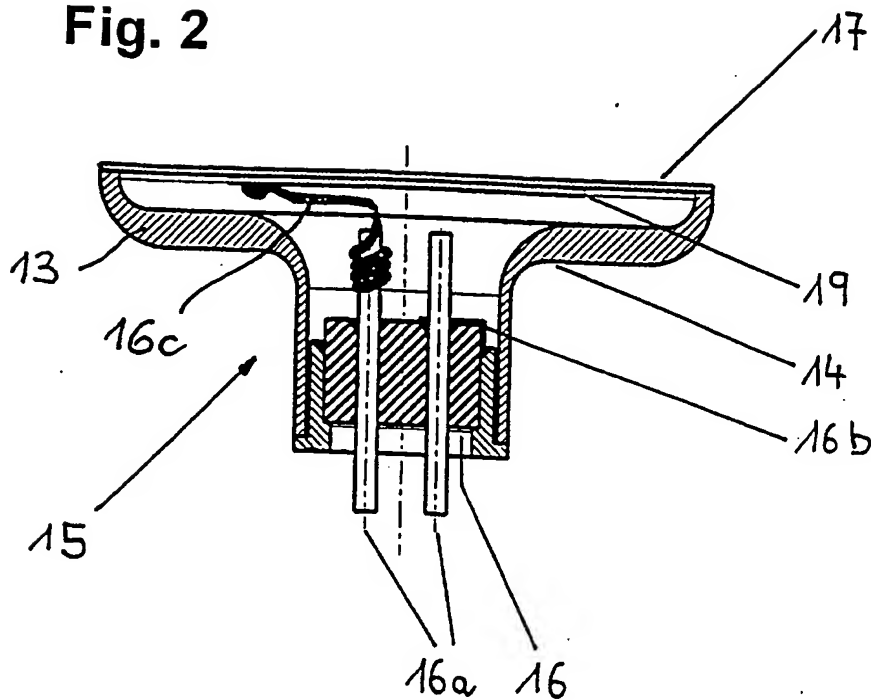
---



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**FIG. 3**

FIG. 4

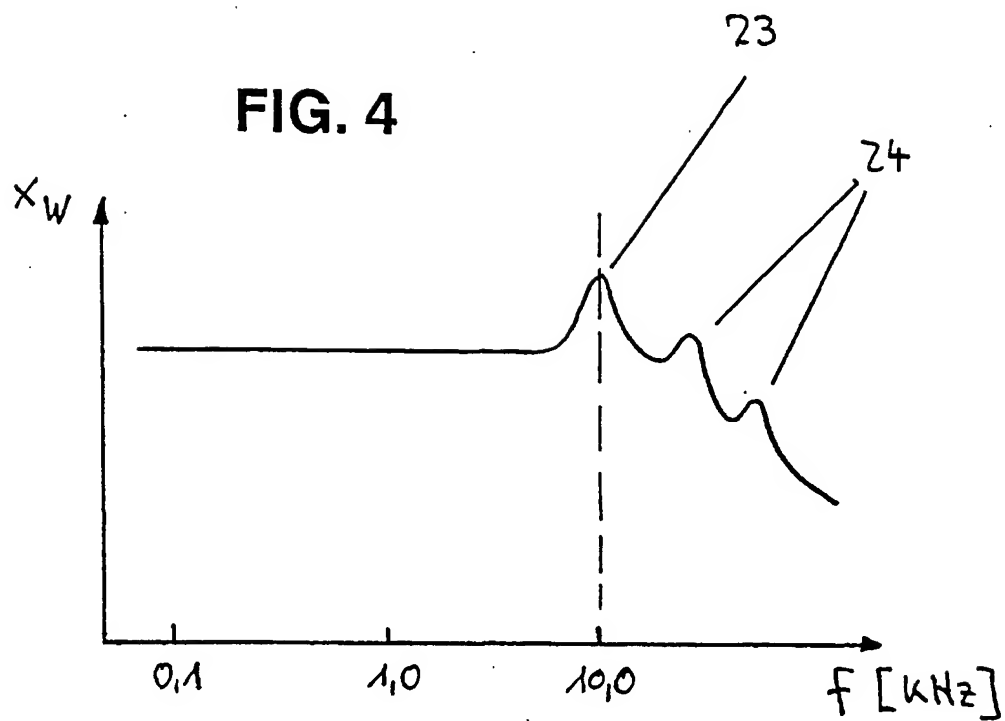


FIG. 5

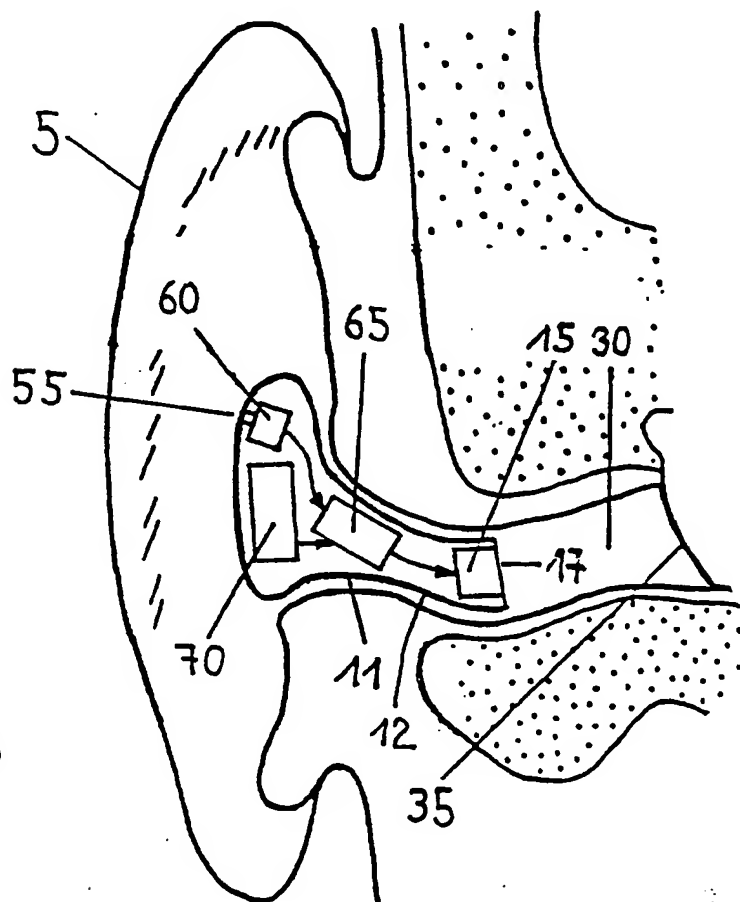


FIG. 6

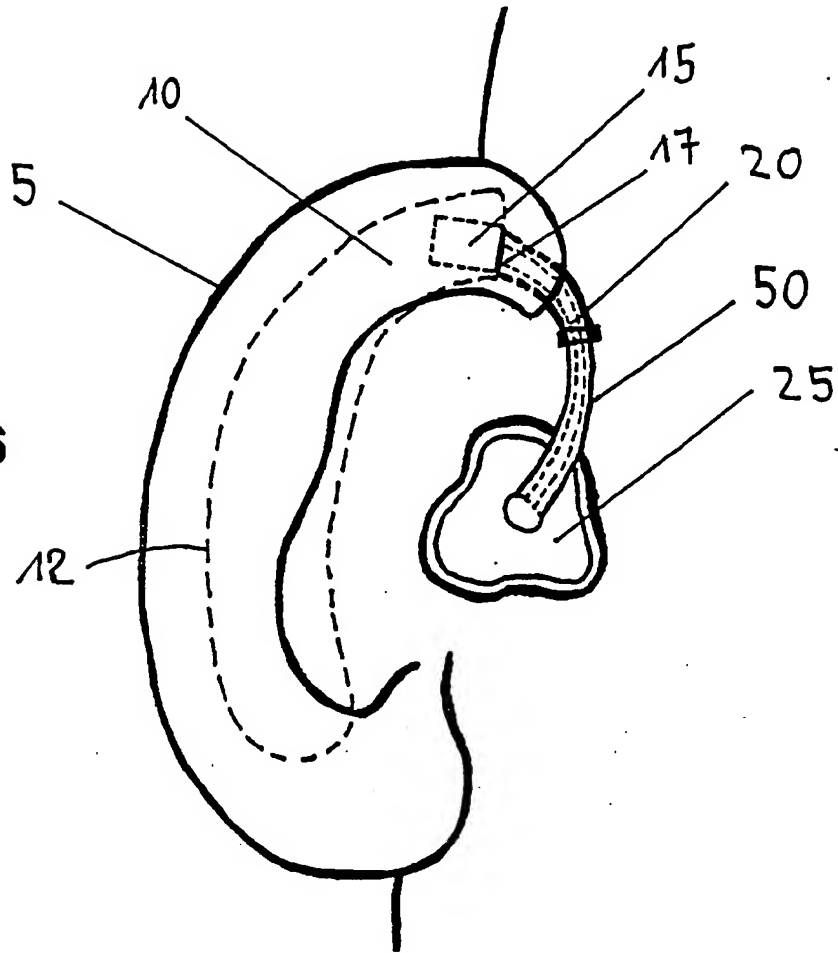
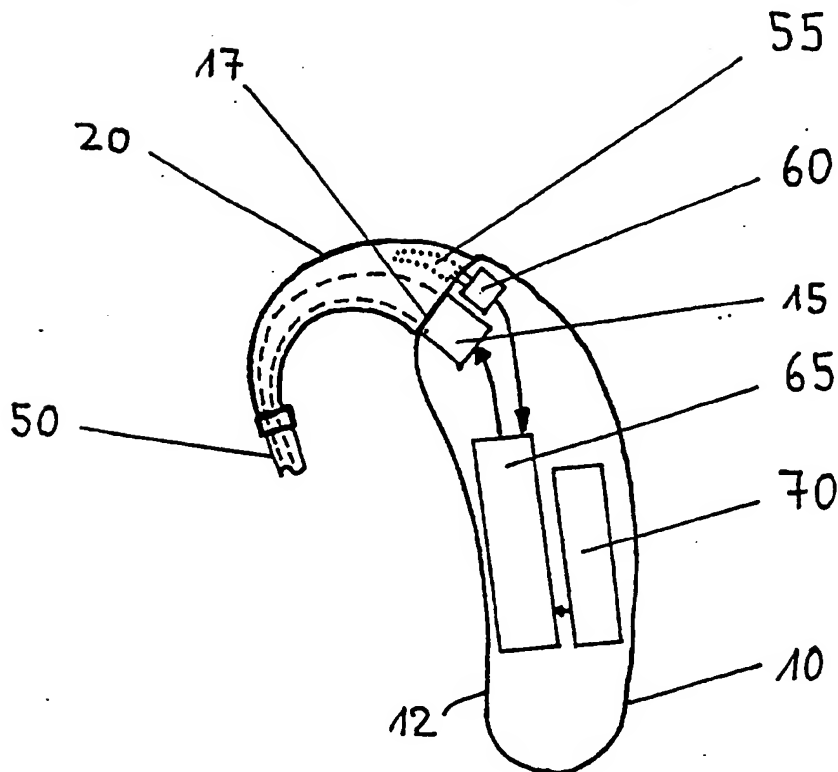
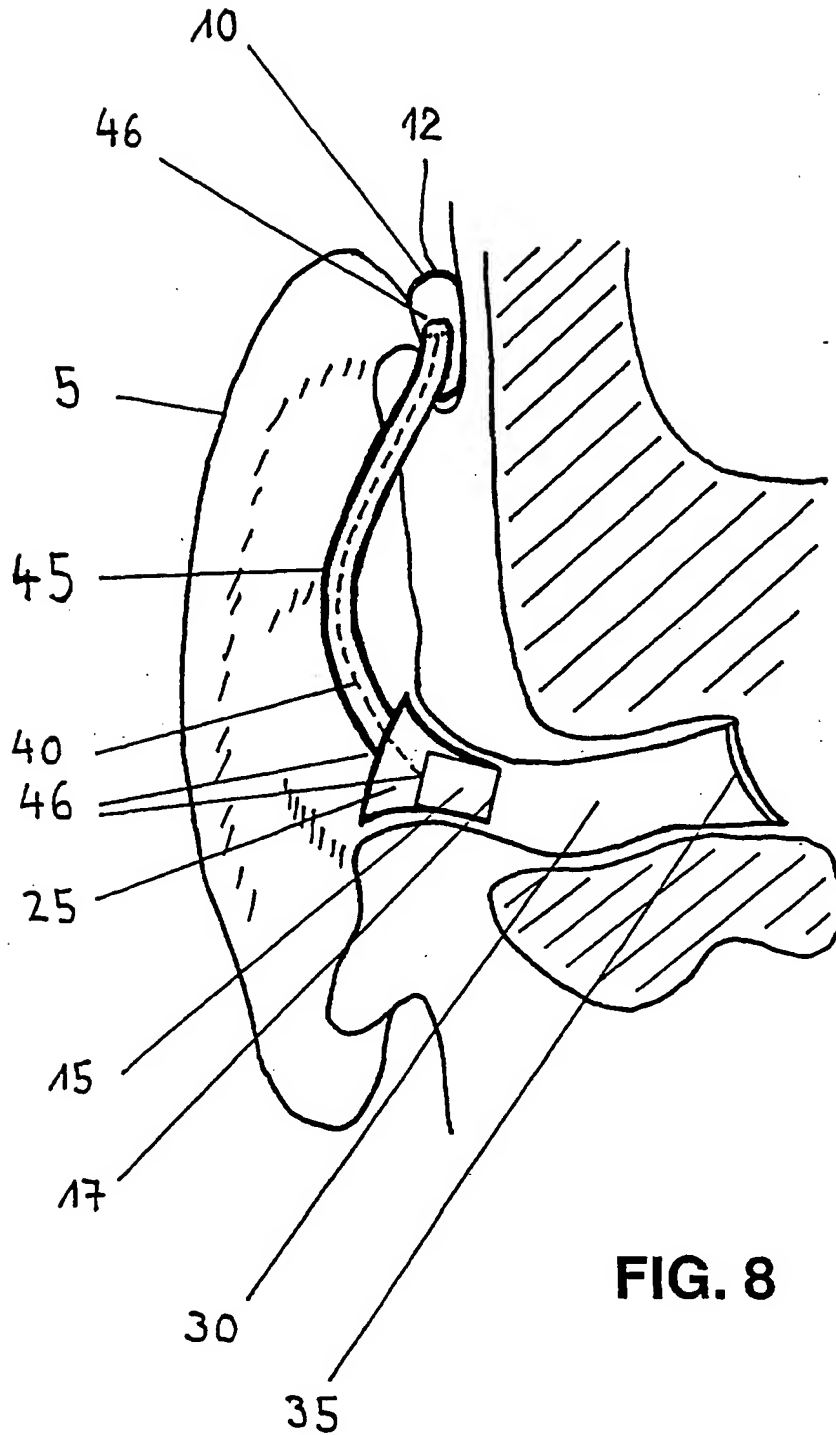


FIG. 7





**FIG. 8**

